

第三章 复杂控制系统1

—串级控制系统

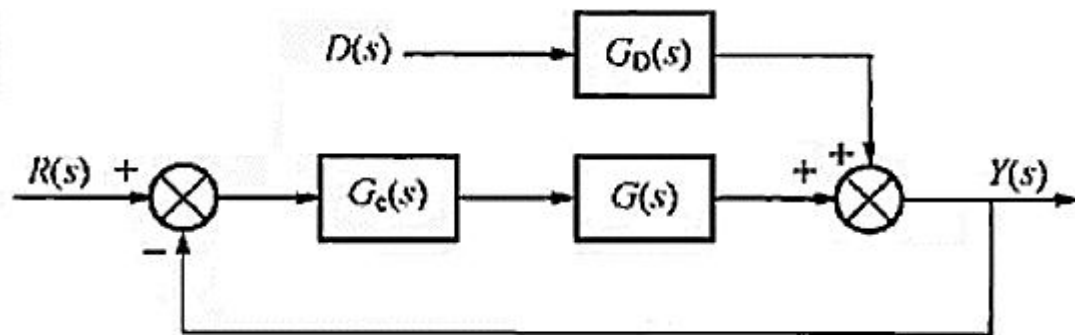




3.1-1 复杂控制系统概述

在热工自动控制中，单回路反馈调节是普遍采用的调节系统，但随着机组容量的增大以及对运行要求的提高，单回路反馈调节系统对一些主要过程的调节往往不能满足要求，而暴露出了一些**缺陷**。

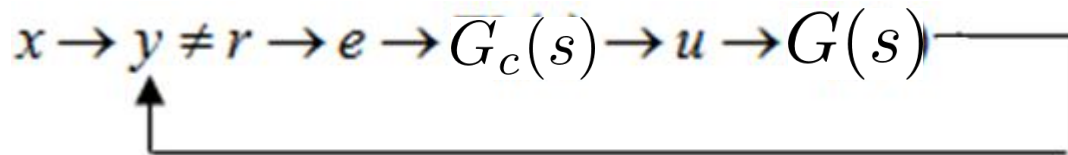
一、单回路反馈调节系统的特点



单回路反馈控制系统方框图

1、调节过程

调节器动作结果，**明显迟后于y的变化**，不能及时消除干扰对被调量的影响，造成y变化较大。 刹车

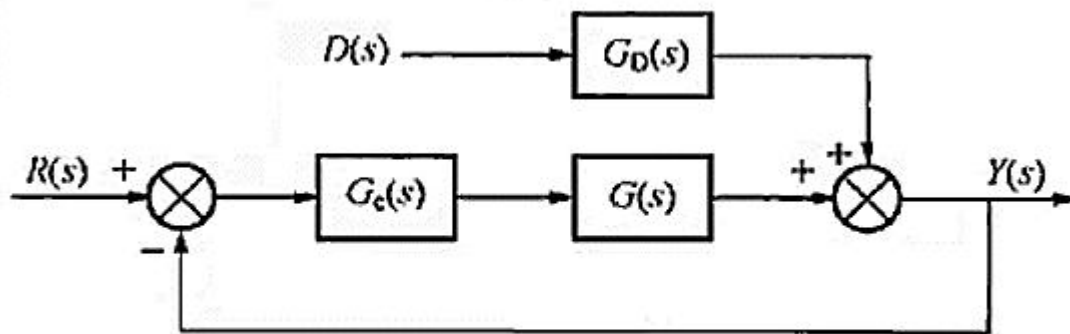




3.1-1 复杂控制系统概述

在热工自动控制中，单回路反馈调节是普遍采用的调节系统，但随着机组容量的增大以及对运行要求的提高，单回路反馈调节系统对一些主要过程的调节往往不能满足要求，而暴露出了一些**缺陷**。

一、单回路反馈调节系统的特点



单回路反馈控制系统方框图

2、 $G_c(s)$ 的整定

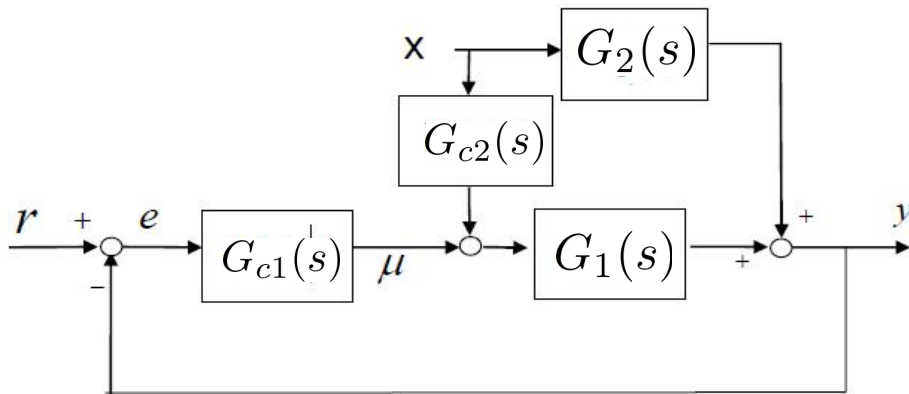
$G_c(s)$ 根据对象 $G(s)$ 来整定，而热工对象一般惯性大，阶次高，为保证系统稳定， $G_c(s)$ 的动作必须**缓慢**，造成**调节过程太长**。



3.1-1 复杂控制系统概述

从上述分析可看出，造成这种缺陷的原因有两类：

- 1) 对象可控性
- 2) 系统结构



二、改进途径

针对上述原因，加以如下改进：

1. 对于闭环外的扰动，设法设计一个装置，及时消除因扰动而产生的偏差。



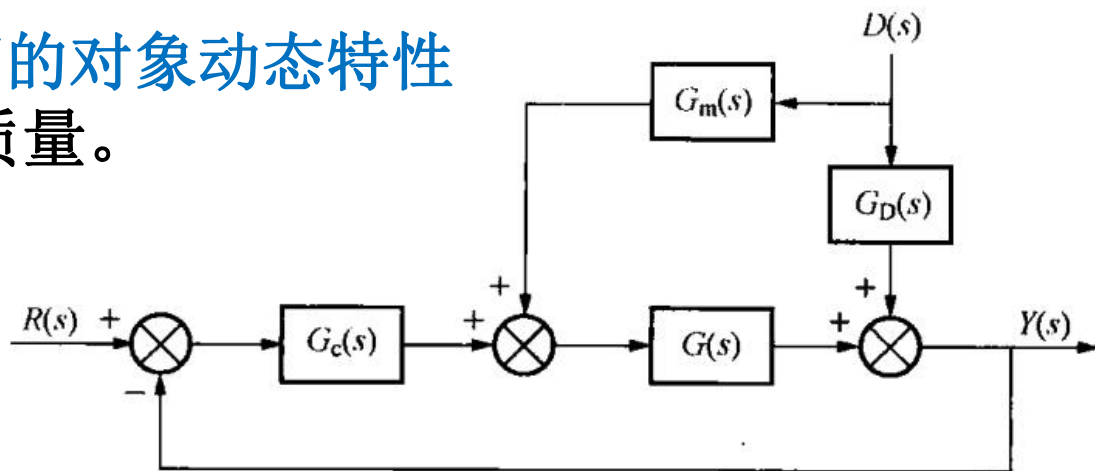
3.1-1 复杂控制系统概述

2. 尽量取得比被调量提前反映扰动的辅助信号

调节器就能提前动作，有效限制被调量动态偏差。

3. 改善调节作用下的对象动态特性

则会改善调节质量。



根据这些改进思想，热工过程自动调节中常用串级调节系统、导前微分信号系统、前馈-反馈调节系统、多变量调节系统等。



串级控制系统 - 学习内容

- × 串级控制系统的组成
- × 串级控制系统的特点分析
- × 串级控制系统的应用范围
- × 串级控制系统的设计原则
- × 串级控制系统的整定

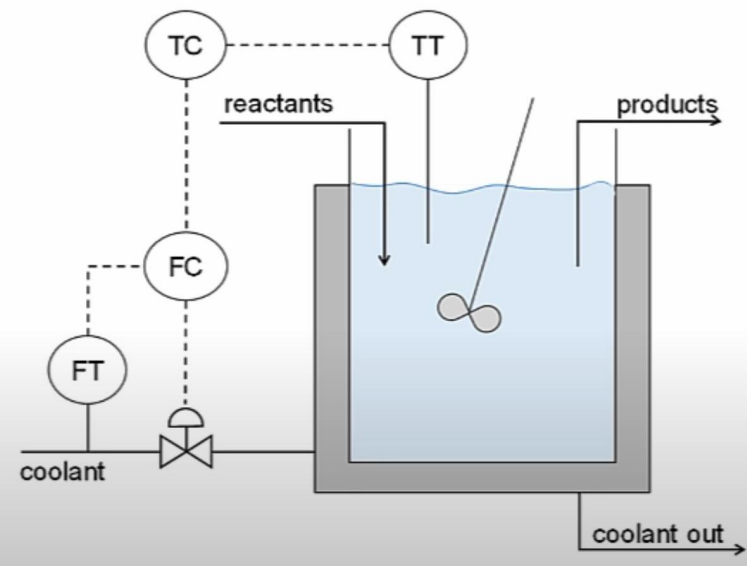


3.1-2 串级控制系统结构

一、实例

单回路调节系统：

只有在温差信号发生变化后，温度控制器才动作，因而控制阀才动作。由于系统惯性大，动态偏差大。



二、串级系统的结构

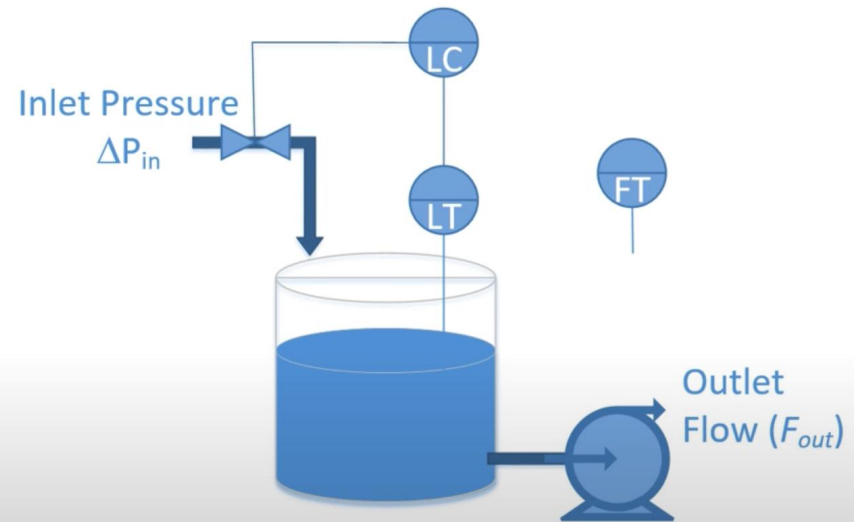
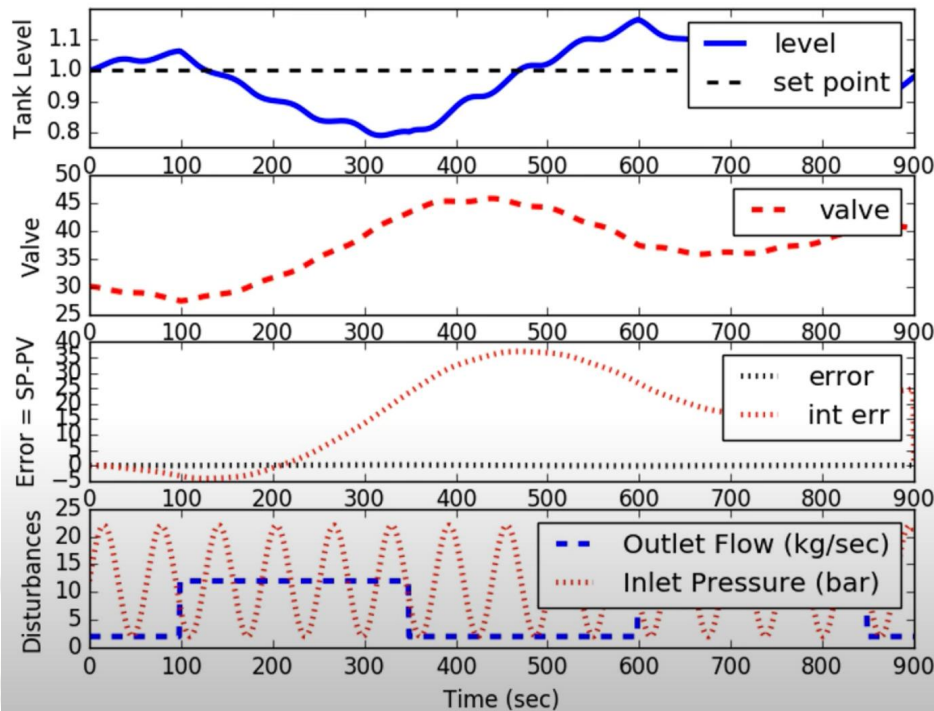
串级调节系统：

添加一个控制中间信号，一个调节器，只要中间信号的设定值发生变化，执行机构就能动作。



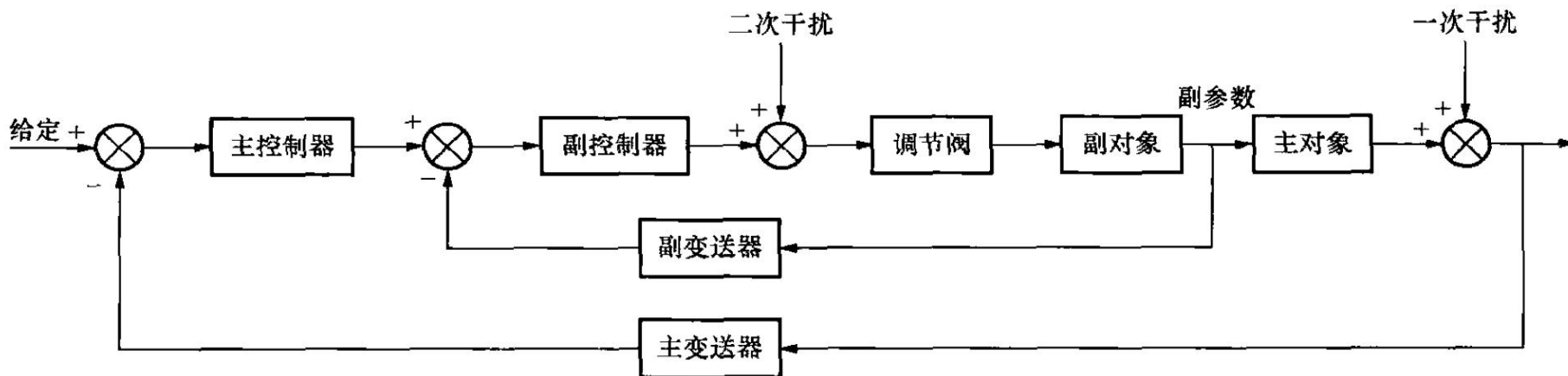
3.1-2 串级控制系统结构

例：水位控制系统





3.1-2 串级控制系统结构



串级控制系统原理图

串级控制系统

定义：两个控制器串联工作，主控制器的输出作为副控制器的给定值，副控制器的输出控制调节阀。

常用术语：

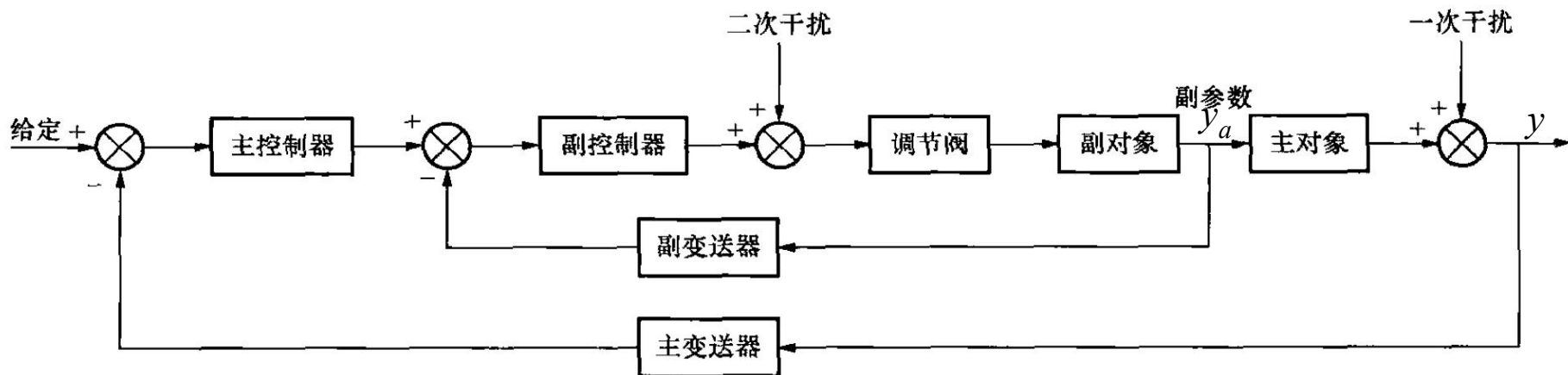
(1) 主、副回路：

调2-对象2-测2 : 副回路或内回路，随动回路

调1-内回路-对象1-测1 : 主回路或外回路



3.1-2 串级控制系统结构



串级控制系统原理图

- (2) **主、副参数**: 整个调节对象被调量 y 称为主参数, 副回路被调量 y_a 称为副参数, 也称中间点或辅助参数。
- (3) **主、副调节器**: 根据主参数与给定值的偏差而动作的调节器为主调节器, 以主调节器的输出为给定值, 并根据副参数与给定值的偏差而动作的调节器为副调节器。
- (4) **主、副对象**: 主回路中的被控对象为主对象, 其输入信号为副参数, 输出信号为主参数; 副回路对象为副对象, 其输入信号为调节量输出信号, 输出对象为副参数。

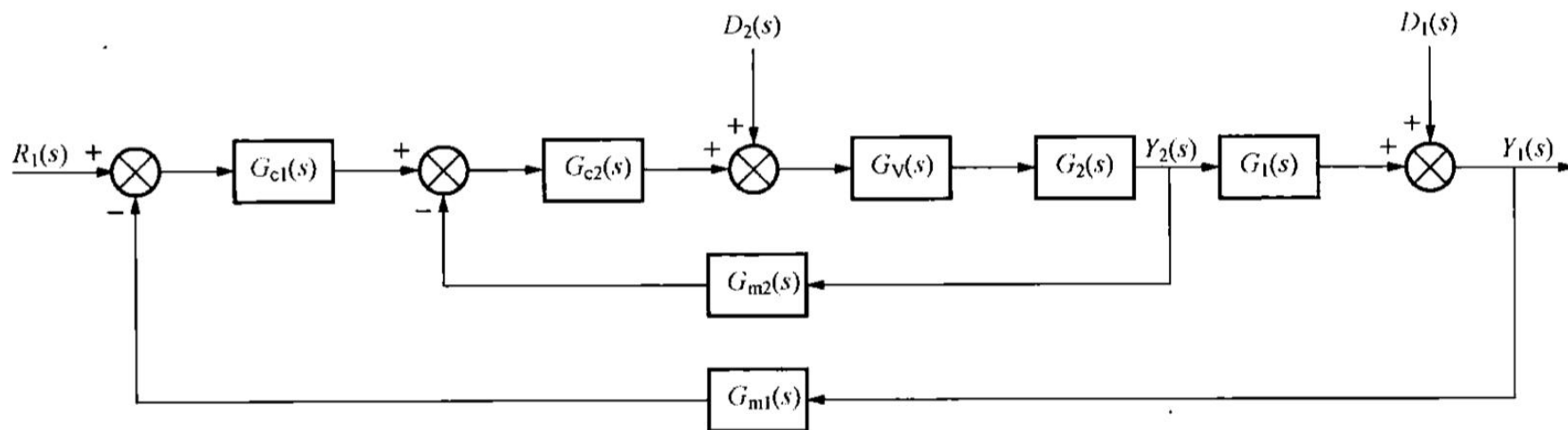


3.1-4 串级控制系统特点与分析

串级系统的主参数在干扰作用下，控制过程与单回路具有相同的指标和形式，但比单回路多一个副回路，结构不同，控制效果也不同，有自己的特点。主要特点如下。

1. 对进入副回路的二次干扰具有很强的克服能力

串级控制系统原理方框图。



串级控制系统原理方框图的一般形式

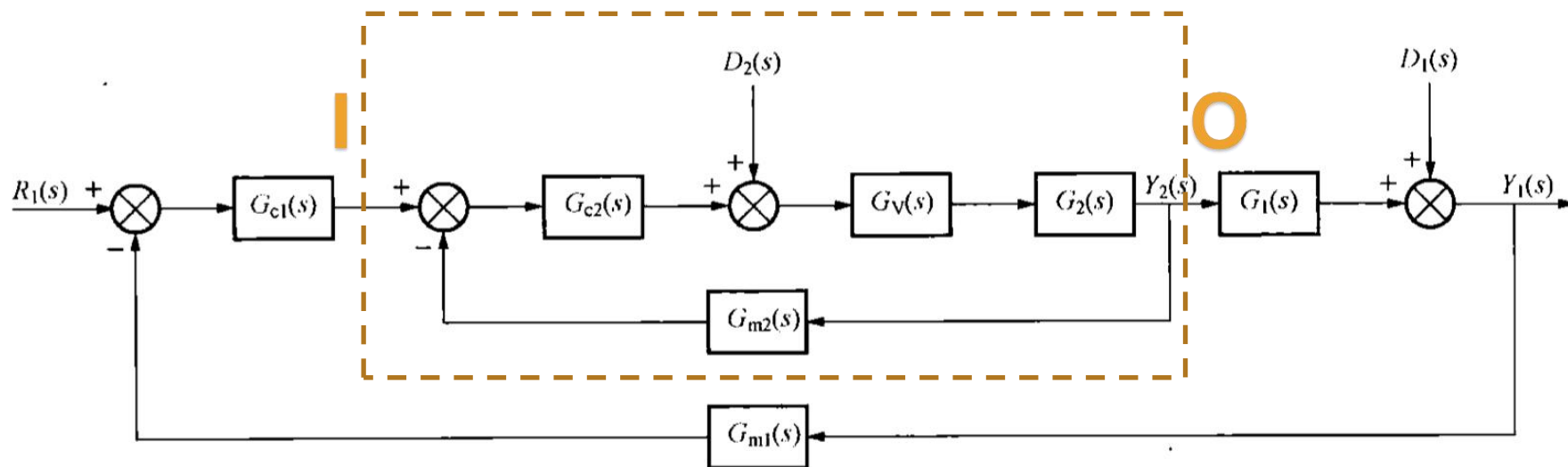


3.1-4 串级控制系统特点与分析

串级系统的主参数在干扰作用下，控制过程与单回路具有相同的指标和形式，但比单回路多一个副回路，结构不同，控制效果也不同，有自己的特点。主要特点如下。

1. 对进入副回路的二次干扰具有很强的克服能力

串级控制系统原理方框图。



串级控制系统原理方框图的一般形式



3.1-4 串级控制系统特点与分析

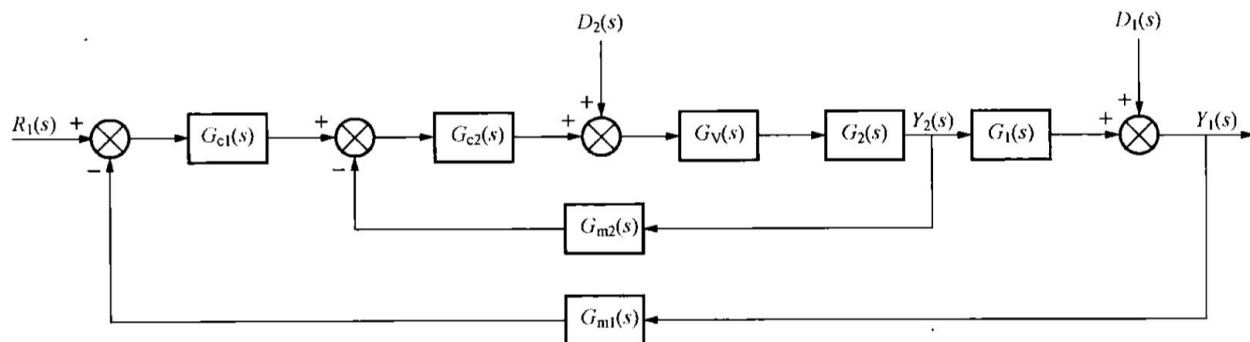
从副回路看，

输出 $Y_1(s)$ 对扰动 $D_2(s)$ 传递函数：

$$\frac{Y_1(s)}{D_2(s)} = \frac{G_v(s)G_2(s)G_1(s)}{1 + G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_{m2}(s) + G_{c1}(s)G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)G_{m1}(s)}$$

输出 $Y_1(s)$ 对输入 $R_1(s)$ 传递函数：

$$\frac{Y_1(s)}{R_1(s)} = \frac{G_{c1}(s)G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)}{1 + G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_{m2}(s) + G_{c1}(s)G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)G_{m1}(s)}$$





3.1-4 串级控制系统特点与分析

对于定值系统，希望扰动造成的影响应该越小越好，而定值部分应该尽披保持恒定，即

$$\begin{cases} \frac{Y_1(s)}{D_2(s)} \rightarrow 0 \\ \frac{Y_1(s)}{R_1(s)} \rightarrow 1 \end{cases}$$

则控制系统性能越好，用以表征克服干扰能力的式子值越大越好。

$$\frac{Y_1(s)}{R_1(s)} \bigg/ \frac{Y_1(s)}{D_2(s)} = G_{c1}(s)G_{c2}(s)$$

当主、副控制器采用比例控制 K_{c1} 、 K_{c2} 时，则上式为

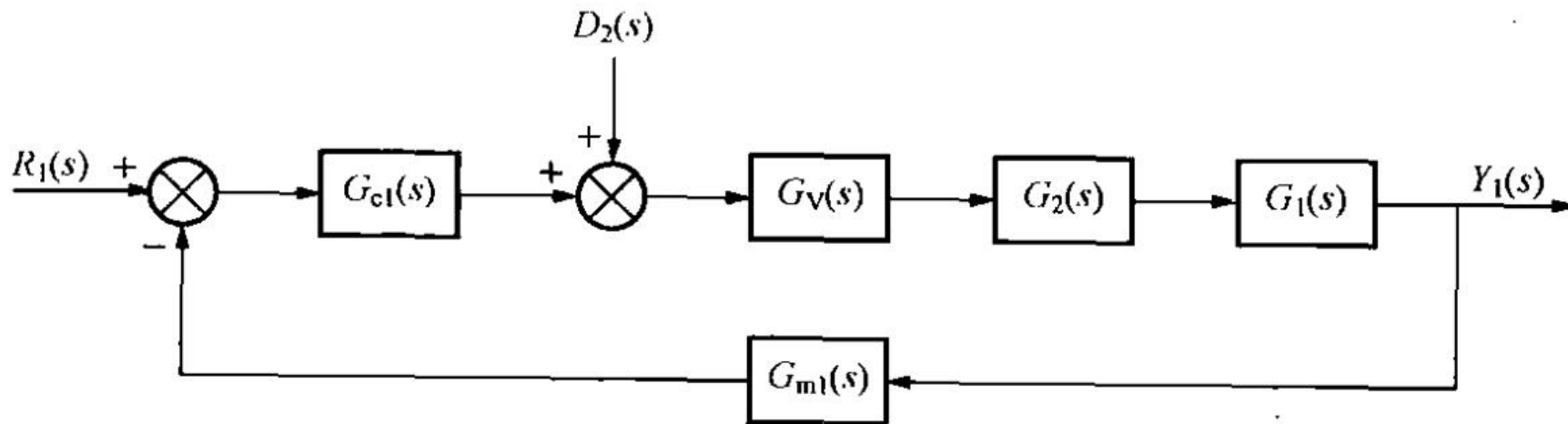
$$\frac{Y_1(s)}{R_1(s)} \bigg/ \frac{Y_1(s)}{D_2(s)} = K_{c1}K_{c2}$$

总的放大倍数越大，则系统克服二次干扰 $D_2(s)$ 能力越强，主参数的过渡过程最大偏差就越小。



3.1-4 串级控制系统特点与分析

单回路:



单回路控制系统原理方框图

$$\frac{Y_1(s)}{D_2(s)} = \frac{G_v(s)G_2(s)G_1(s)}{1 + G_{cl}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)G_{m1}(s)}$$

$Y_1(s)$ 对输入 $R_1(s)$ 传递函数:

$$\frac{Y_1(s)}{R_1(s)} = \frac{G_{cl}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)}{1 + G_{cl}(s)G_v(s)G_2(s)G_1(s)G_{m1}(s)}$$



3.1-4 串级控制系统特点与分析

则其表征克服干扰的式子为，
$$\frac{Y_1(s)/R_1(s)}{Y_1(s)/D_2(s)} = G_{cl}(s)$$

若采用比例控制，有
$$\frac{Y_1(s)/R_1(s)}{Y_1(s)/D_2(s)} = K_{cl}$$

在一般情况下，采用比例控制都能满足 $K_{c1}K_{c2} > K_{c1}$ 。
可见，串级系统由于副回路的存在，提高了总放大倍数，因而对进入副回路的二次干扰具有较强的克服能力。

比较串级和单回路的 $Y_1(s)$ 和 $D_2(s)$ 传递函数的区别，串级的分母比单回路的分母多了一项：

$$G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_{m2}(s)$$

以及第三项中多一个 $G_{c2}(s)$ 。



3.1-4 串级控制系统特点与分析

一般 $G_{c2}(s)$ 增益大于 1，而且 $G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_{m2}(s)$ 的数值也较大。这样串级控制系统的结构使二次干扰对主参数的动态增益明显减小。

当扰动 $D_2(s)$ 进入后，首先影响副参数 $Y_2(s)$ 如下式所示。

$$\frac{Y_2(s)}{D_2(s)} = \frac{G_v(s)G_2(s)}{1 + G_{c2}(s)G_v(s)G_2(s)G_{m2}(s)}$$

于是副回路立即动作，消除影响， Y_2 变化很小，从而二次干扰对 Y_1 影响很小。与单回路相比， Y_1 受二次干扰的影响往往可以减小 10-100 倍，使得控制质量大大提高。

一次干扰在副回路外面，但是由于采用串级，也会附带一些好处。